

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PCT

WELTOORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICH NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

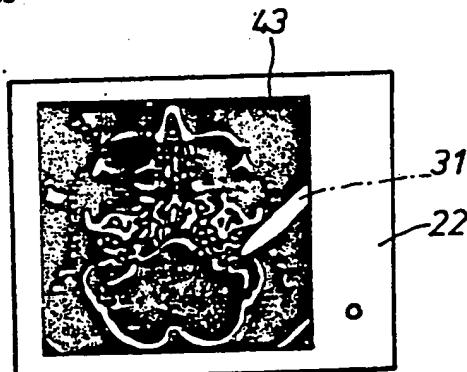
(51) Internationale Patentklassifikation ⁴ : A61B 19/00, 6/02	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 88/0915 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 1. Dezember 1988 (01.12.8.)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP88/00457		(74) Anwalt: KLEIN, Friedrich; Königstrasse 154, D-671 Kaiserslautern (DE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 21. Mai 1988 (21.05.88)		
(31) Prioritätsaktenzeichen: P 37 17 871.7		(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), AI (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, KR, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.
(32) Prioritätsdatum: 27. Mai 1987 (27.05.87)		
(33) Prioritätsland: DE		
(71)(72) Anmelder und Erfinder: SCHLÖNDORFF, Georg [DE/DE]; Rommelweg 30, D-5106 Roetgen (DE).		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>
(72) Erfinder; und		
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : MÖSGES, Ralph [DE/DE]; Hohenzollernstraße 44, D-8000 München 40 (DE). MEYER-EBRECHT, Dietrich [DE/DE]; Väagger Straße 164 A, D-5100 Aachen (DE). MOLL, Philipp [DE/DE]; Königsberger Straße 72, D-5100 Aachen (DE).		

(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR OPTICAL REPRESENTATION OF SURGICAL OPERATIONS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR REPRODUZIERBAREN OPTISCHEN DARSTELLUNG EINES CHIRURGISCHEN EINGRIFFES

(57) Abstract

For the purpose of documenting the performance and outcome of a surgical operation, in hidden parts of the body, the instantaneous position of the surgical instrument (31) or its course are represented during the operation and recorded for subsequent examination. To this end, tomograms (41) provided with at least three measurement points (42) on the patient are stored in a computer and can be displayed on a screen (22). In addition, the positions of the three measurement points (42) and that of the surgical instrument are determined before and after insertion by a co-ordinate measuring device (1), these positions are superimposed on the corresponding tomographs (41) on the screen (22) and stored in a data store. This process and the device (co-ordinate measuring device) are particularly suited for the representation and documentation of surgical operations.



(57) Zusammenfassung

Es soll für die Dokumentation des Ablaufes und Ergebnisses eines chirurgischen Eingriffes an verdeckt liegenden Körperteilen die jeweilige Stellung bzw. Bewegungsbahn des chirurgischen Instrumentes (31) während der Operation dar gestellt und zur nachträglichen Überprüfung gespeichert werden. Erreicht wird dies dadurch, dass die mit zumindest drei Messpunkten (42) am Patienten versehenen Schichtbilddaueraufnahmen (41) in einem Computer abgespeichert und auf einen Bildschirm (22) darstellbar sind, wobei ferner über eine Koordinatenmessvorrichtung (1) vor und während des Eingriffes die Lage der drei Messpunkte (42) sowie die Lage des chirurgischen Instrumentes (31) ermittelt und mit den jeweiligen Schichtbilddaueraufnahmen (41) überlagert (43) auf dem Bildschirm (22) dargestellt sowie in einem Datenspeicher abgelegt wird. Das Verfahren und die Vorrichtung (Koordinatenmessvorrichtung) eignet sich insbesondere zur Darstellung und Dokumentation von chirurgischen Eingriffen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT Österreich	FR Frankreich	MR Mauritanien
AU Australien	GA Gabun	MW Malawi
BB Barbados	GB Vereinigtes Königreich	NL Niederlande
BE Belgien	HU Ungarn	NO Norwegen
BG Bulgarien	IT Italien	RO Rumänien
BJ Benin	JP Japan	SD Sudan
BR Brasilien	KP Demokratische Volksrepublik Korea	SE Schweden
CF Zentrale Afrikanische Republik	KR Republik Korea	SN Senegal
CG Kongo	LI Liechtenstein	SU Soviet Union
CH Schweiz	LK Sri Lanka	TD Tschad
CM Kamerun	LU Luxemburg	TG Togo
DE Deutschland, Bundesrepublik	MC Monaco	US Vereinigte Staaten von Amerika
DK Dänemark	MG Madagaskar	
FI Finnland	ML Mali	

Beschreibung**Verfahren und Vorrichtung zur reproduzierbaren optischen Darstellung eines chirurgischen Eingriffes.**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur reproduzierbaren optischen Darstellung eines mit einem chirurgischen Instrument durchzuführenden Eingriffes nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 bzw. des Anspruches 9.

Bei vielen Operationen, insbesondere im Kopfbereich, können Probleme bezüglich der Orientierung während der Operation aufgrund der individuellen Anatomievarianten auftreten. Es gibt zahlreiche Eingriffe, bei denen ein erhöhtes Risiko allein wegen des Problems einer umfassenden exakten Orientierung während des Eingriffes festzustellen ist.

Eine fortlaufende Information über die Lage von Operationsinstrumenten im jeweiligen Körperteil, insbesondere die Kenntnis über den räumlichen Abstand zu verletzlichen Strukturen, wie beispielsweise Blutgefäßen, Lymphgefäßen, Nerven etc. erhöht die Sicherheit beim Operieren. Sofern diese Informationen festgehalten bzw. gespeichert werden könnten und damit reproduzierbar wären, ließe sich nach erfolgter Operation deren Ergebnis überprüfen. Im Falle eines unverschuldeten Mißerfolges ließen sich auf diese Weise unberechtigte Schadenersatzansprüche wirksam abwehren.

Um sich bei Operationen im menschlichen Körper orientieren zu können, werden bislang herkömmliche Röntgenaufnahmen, Computertomographie-Aufnahmen und/oder

in Ausnahmefällen auch intraoperative Durchleuchtungen ver- bzw. angewandt.

- In den Röntgenaufnahmen werden primär knöcherne Strukturen dargestellt. Es ist daher üblich, sich die höher verdichtete Information von Computertomogrammen zur Operationsplanung zunutze zu machen. Die Umsetzung des Röntgenbefundes in operatives Vorgehen geschieht durch den Operateur. Dieser überprüft intraoperativ die exakte Lage des Operationsinstrumentes visuell.
- Gelegentlich wird das Operationsgebiet auch ausgemessen oder durchleuchtet. Letzteres ist mit allen Nachteilen konventioneller Röntgentechnik und höherer Strahlenbelastung für Patient und Operateur verbunden.
- Als weiterer schwerwiegender Nachteil bleibt festzuhalten, daß bei einer intraoperativen Seitdurchleuchtung bei der dadurch erhältlichen Abbildung die räumlichen Verhältnisse in dem zu operierenden Körperbereich nur überlagert dargestellt werden können. Es bedarf einer äußerst umfangreichen Erfahrung, um daraus zumindest annähernd exakte Rückschlüsse auf die tatsächlichen räumlichen Gegebenheiten anzustellen.
- Eine fortlaufende sichere Information über die Lage des Operationsinstrumentes in bezug zum Krankheitsherd ist aber damit jedoch nicht möglich.
- Alternativ zu den konventionellen Methoden besteht heute die Möglichkeit auf rechnerunterstützte Lageinformationen zurückzugreifen.
- Im Bereich der Neurochirurgie werden stereotaktische Operationen mit Hilfe eines Lokalisationsrahmens und eines Instrumentenhalters ausgeführt.

Entsprechende Vorrichtungen sind beispielsweise aus der DE-OS 32 05 085, der US-PS 4,465,069 der EP-A-0 207 452, der EP-A-0 018 166 und der DE-OS 32 05 915 bekannt. Ein spezifischer V-förmiger Rahmen ist auch aus der 5 US-PS 4,583,538 bekannt geworden, der aber nicht auf dem Gebiet der Neurochirurgie, sondern für entsprechende Operationen im Brustkorbbereich ausgebildet und angepaßt ist.

10 Die stereotaktische Chirurgie ist ein Teilgebiet der Neurochirurgie und betrifft eine Klasse von Operationen, bei welchen Sonden, wie beispielsweise Kanülen, Nadel, Klemmen oder Elektroden an Gehirnstellen oder anderen verdeckten anatomischen Zielen angebracht werden sollen, 15 die von außen her nicht sichtbar sind. Der stereotaktische Rahmen dient dabei als eine Art "Führungs vorrichtung", die in der Human-Neurochirurgie verwandt wird, um ein Instrument zu einem speziellen Punkt innerhalb des Gehirnes durch eine kleine Öffnung 20 in der Schädeldecke mit Hilfe radiographischer oder anderer Sichtbarmachung von Bezugspunkten zu führen. Dabei soll die Hinführung des Instrumentes an einen exakten vorbestimmten Punkt so genau als möglich erfolgen. Wenn man also den Rahmen oder die Vorrichtung 25 an der Schädeldecke anbringt, dann kann man die Sonde zu einem gegebenen topographischen Punkt innerhalb des Schädels vorwärts bewegen. Der exakte Punkt wird dann aus der ermittelten Distanz und der Richtung zwischen dem wahrgenommenen Bezugspunkt und dem gewünschten Ziel 30 in bezug auf das Koordinatensystem der stereotaktischen Vorrichtung errechnet. Durch lineares Vorschieben des Instrumentes, welches über dem im Rahmen gehaltenen Instrumentenhalter exakt ausgerichtet ist, wird dann an dem gewünschten Punkt eine Probe entnommen, eine lokale

Läsion gesetzt oder Strahlungsmaterial implantiert.

Derartige Methoden wurden weiterentwickelt, um sie weitgehend zu automatisieren oder um beispielsweise 5 einen Laserkoagulator zu verwenden. Nach einem aus CT-Aufnahmen gewonnenen Plan können punktförmige Läsionen gesetzt werden. Diese bekannten Verfahren und Vorrichtungen bedürfen weiterhin des Einsatzes eines am Kopf fest justierten Rahmens. Dabei muß ferner bedacht 10 werden, daß ein exakter Sitz des Rahmens nur dadurch erzielbar ist, daß zumindest drei Schrauben bis in den Schädelknochen fest eingedreht werden.

Aus der Zeitschriften-Veröffentlichung "Neurosurgery, 15 Volume 65, October 1986, Seite 445 ff." ist auch eine berührungslose, d. h. rahmenlose Messung zur Erzielung einer rechnerunterstützten Legeinformation eines Instrumentes bekannt. Bei diesem Verfahren wird über drei akustische Signalgeber mittels Funkenstrecken und 20 insgesamt vier Empfängern die exakte Lage eines Operationsmikroskopfestgestellt. Darüber können dann die vorher abgespeicherten Computertomographieaufnahmen auf die Fokusebene des Operationsmikroskopfestgestellt werden, um eine entsprechende Hilfestellung während der 25 Operation zu geben.

Aber auch bei diesem Verfahren handelt es sich grundsätzlich - wie in der Vorveröffentlichung auch erwähnt wird - um ein stereotaktisches Chirurgiesystem, 30 das nur punktuell arbeitet, bei dem der Arbeitspunkt linear angefahren wird, und daß zudem im wesentlichen nur im Bereich des Hirnschädels und nicht jedoch im knöchernen Schädel eingesetzt wird. Dies mag auch darin begründet liegen, daß die angegebene Genauigkeit von 35 über 2 mm unzureichend ist.

Bei allen bekannten Verfahren besteht ferner keine Möglichkeit bzw. ist es nicht beabsichtigt, den Ablauf und das Ergebnis des chirurgischen Eingriffes für eine nachträgliche Überprüfung bildlich zu dokumentieren.

5

- Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, das bzw. die erstmals eine reproduzierbare Darstellung der vorher gewonnenen Schichtaufnahmen zusammen mit fortlaufender Darstellung der Lage eines freihändig geführten Operationsinstrumentes in einem dreidimensionalen Modell des Körperteiles auf dem Bildschirm erlaubt.
- 10 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß bezüglich des Verfahrens entsprechend den im kennzeichnenden Teil des Anspruches 1 und bezüglich der Vorrichtung entsprechend den im kennzeichnenden Teil des Anspruches 9 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.
- 15 20

- Durch die vorliegende Erfindung werden gegenüber dem Stand der Technik wesentliche Vorteile erzielt. Erstmals ist es möglich, ständig auf einem Visualisierungssystem das Operationsgebiet und seine Umgebung in Form von vom Operateur frei wählbaren Schnitten darzustellen, wobei gleichzeitig fortlaufend die Position des Operations-Instrumentes in die Darstellung des Operationsgebietes miteingeblendet wird, wodurch sogenannte Überlagerungsbilder entstehen.
- 25 30

Da die Position ständig aus den Koordinaten des Instrumentenhalters bzw. der zugeordneten Koordinatenmeßvorrichtung berechnet wird, ist dadurch

ein erneutes Röntgen auch während der Operation überflüssig. Die Röntgendosen werden auch dadurch gegenüber dem Stand der Technik (intraoperative Seitdurchleuchtung) verringert. Es können aber auch 5 andere Schichtbild-Verfahren, wie beispielsweise die Kernspintomographie angewandt werden.

Besonders vorteilhaft lässt sich das erfundungsgemäße Verfahren bzw. die erfundungsgemäße Vorrichtung im Bereich des Gesichtsschädels (aber nicht nur dort) 10 einsetzen.

Eine Dokumentation der reproduzierbaren Bilddarstellungen kann dadurch erfolgen, daß fortlaufend 15 fotografische Bilder von den auf dem Ausgabegerät sichtbaren Überlagerungsbildern angefertigt werden. Eine andere zweckmäßige Möglichkeit der Dokumentation erfolgt gemäß Anspruch 3 in der Weise, daß die Bilddaten der Überlagerungsbilder in einem Datenspeicher des Datenverarbeitungssystems abgelegt werden, aus dem 20 sie jederzeit wieder abrufbar und erneut auf dem Ausgabegerät darstellbar sind.

Die Abbildung des chirurgischen Instrumentes kann in der Weise erfolgen, daß die Lage der Spitze des Instrumentes 25 als ein Punkt oder Fadenkreuz auf dem Bildschirm angezeigt wird. Diese Darstellungsart ist für die Durchführung des chirurgischen Eingriffes völlig ausreichend, weil der Chirurg das chirurgische Instrument manuell führt und dabei dessen räumliche 30 Längserstreckung bestimmt. Für die Dokumentation des chirurgischen Eingriffes und nachträgliche Überprüfbarkeit des Operationsablaufes kann es dagegen 35 zweckmäßig sein, wenn nicht nur die Spitze sondern zumindest ein Teil des gesamten Instrumentes abgebildet wird, damit auf dem Überlagerungsbild die

Längserstreckung und die momentane Ausrichtung des chirurgischen Instrumentes erkennbar sind.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Merkmale der
5 Erfindung ergeben sich nachfolgend anhand zweier in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele. Dabei zeigen im einzelnen:

10 Figur 1 : eine schematische Darstellung zur Aufnahme einer Computertomographie;

Figur 2 : die anhand der Computertomographie
hergestellten Schichtbildaufnahmen;

15 Figur 3 : eine vereinfachte schaubildliche Darstellung einer Koordinatenmeßvorrichtung mit eingesetztem chirurgischem Instrument in Verbindung mit dem zu behandelnden Körperteil eines Patienten;

20 Figur 4 : einen Computer mit Graphikbildschirm;

25 Figur 5 : eine erfindungsgemäß aufgearbeitete Überlagernde Darstellung des chirurgischen Instrumentes mit einem Schichtbild;

Figur 6 : eine schaubildliche Darstellung der Koordinatenmeßvorrichtung;

30 Figur 7 : eine Schnittdarstellung einer mit einem Codeabtaster ausgestatteten Kupplung zur Aufnahme eines mit Codezeichen versehenen Instrumententrägers;

35 Figur 8 : eine Seitenansicht des Instrumententrägers

mit Codezeichen;

Figur 9 : eine Ansicht eines teilweise dargestellten
Gelenkarmes einer zweiten Ausführungsform
5 einer Koordinatenmeßvorrichtung mit einem
Gewichtsausgleichsmechanismus;

Figur 10: eine teilweise geschnittene Draufsicht auf den
in gestreckter Lage dargestellten Gelenkarm
10 nach Figur 9.

In Figur 3 ist eine vereinfacht dargestellte
Koordinatenmeßvorrichtung (1) gezeigt, deren
konstruktiver Aufbau aus Figur 6 hervorgeht. Die
15 Koordinatenmeßvorrichtung (1) hat einen auf einer Stange
(2) einstellbaren Ausleger (3). Der Ausleger (3) ist
Über ein Gelenk (4) mit einem in horizontaler
Ebene verschwenkbaren Arm (5) verbunden. Am Gelenk (4)
ist ein Drehmelder (6) angeordnet, der ein der
20 jeweiligen Winkelstellung des Armes (5) entsprechendes
Signal abgibt.

Am Arm (5) ist Über ein Gelenk (7) ein in vertikaler
Ebene schwenkbarer Arm (8) gelagert, dessen
Winkelstellung durch einen Drehmelder (9) erfaßt wird.
25 Am anderen gabelförmig ausgebildeten Ende des Armes (8)
ist mittels eines Gelenkes (10) eine Trägerstange (11)
schwenkbar angeordnet, deren Schwenklage durch einen
Drehmelder (12) erfaßt wird. Die Trägerstange (11) ist
30 ferner Über ein Gelenk (13) um ihre Längsachse drehbar.
Die Drehlage der Trägerstange (11) wird durch einen
Drehmelder (14) erfaßt.

Am anderen gabelförmig ausgebildeten Ende der
35 Trägerstange (11) ist mittels eines Gelenkes (15) eine

zweite Trägerstange (16) schwenkbar angeordnet, deren Schwenklage durch einen Drehmelder (17) erfaßt wird. Die Trägerstange (16) ist ferner über ein Gelenk (18) um ihre Längsachse drehbar. Die Drehlage der Trägerstange (16) wird durch einen Drehmelder (19) erfaßt.

Die Bauelemente (3) bis (19) bilden einen Gelenkarm (20) mit sechs Drehachsen.

Die Gelenke (4), (7), (10), (13), (15), (18) sind so ausgebildet, daß sie selbsthemmend sind, jedoch mit geringem Kraftaufwand bewegt werden können. Bei den Drehmeldern (6), (9), (12), (14), (17), (19) handelt es sich um inkrementale Drehmelder mit 4.000 Impulsen pro Umdrehung. Aufgrund dieser großen Impulszahl ergibt sich eine sehr genaue Winkelerfassung der Schwenk- und/oder Drehstellung der betreffenden Glieder des Gelenkarmes (20). Die Drehmelder (6), (9), (12), (14), (17), (19) sind über nicht bezeichnete Kabel mit einem in Figur 4 schaubildlich dargestellten Datenverarbeitungssystem (21) verbunden, das einen Computer, einen Datenspeicher und als Ausgabegerät einen Bildschirm (22) umfaßt.

Auf der Trägerstange (16) ist im Bereich ihres freien Endes ein Flansch (23) befestigt, dessen Umfangsseite durch eine Hülse (24) abgedeckt ist. An der Trägerstange (16) ist im Anschluß an den Flansch (23) ein einseitig abgeflachter Zapfen (25) ausgebildet. In einer quer verlaufenden Sackbohrung (26) des Zapfens (25) ist eine federbelastete Kugel (27) angeordnet, die durch eine entsprechende nicht dargestellte Verengung am Rand der Bohrung (26) gegen Herausfallen gesichert ist.

Auf dem Zapfen (25) ist ein Instrumententräger (28) aufgesteckt, der eine der Kugel (27) zugeordnete und mit

dieser ein Rastgesperre bildende Vertiefung (29) aufweist. Der Träger (28) enthält eine der Form des abgeflachten Zapfens (25) entsprechend ausgebildete Bohrung (30), wodurch der Träger (28) gegen Verdrehen gesichert ist. Im Träger (28) ist ein chirurgisches Instrument (31) lösbar befestigt. Somit bilden der Träger (28) und der Zapfen (25) eine Kupplung (32) zum Verbinden des chirurgischen Instrumentes (31) mit dem Gelenkarm (20) der Koordinatenmeßvorrichtung (1), die somit zugleich eine Führungs- und Haltevorrichtung für das Instrument (31) bildet.

An der Stirnfläche eines Flanschteiles des Instrumententrägers (28) sind mehrere kreisförmig angeordnete Sackbohrungen (33) vorgesehen, in denen drei Permanentmagnete (34) befestigt sind. Die Anordnung der Permanentmagnete (34) bildet einen dem eingesetzten Instrument (31) zugeordneten Kennzeichencode.

Im Flansch (23) sind eine der Anzahl der Sackbohrungen (33) entsprechende Anzahl von Hallgeneratoren (35) angeordnet, die den Bohrungen (33) bzw. den in diesen eingesetzten Permanentmagneten (34) genau gegenüberliegen und einen Codeabtaster (36) bilden. Die Permanentmagnete (34) bewirken, daß die ihnen zugeordneten Hallgeneratoren (35) ein Signal erzeugen. Die von den Hallgeneratoren (35) bzw. dem Codeabtaster (36) erzeugten Signale werden dem Datenverarbeitungssystem (21) zugeführt, wodurch dieses über die Art und Größe des mit dem Gelenkarm (20) verbundenen chirurgischen Instrumentes (31) informiert wird.

Die in Fig. 9 teilweise dargestellte Koordinatenmeßvorrichtung (50) weist einen an einer

nicht dargestellten Stange einstellbar angeordneten Ausleger (51) auf. Auf dem Ausleger (51) ist ein flanschartiges Gelenkteil (52) befestigt, in dem ein hohler Gelenkbolzen (53) drehbar gelagert ist. Am unteren Ende des Gelenkbolzens (53) ist eine quer abstehende Trägerplatte (54) ausgebildet. Auf einem über das Gelenkteil (52) hinausragenden Abschnitt des Gelenkbolzens (53) ist ein Stellring (55) festgeklemmt, der gemeinsam mit der Trägerplatte (54) den Gelenkbolzen (53) axial sichert.

An der Trägerplatte (54) ist ein quer abstehender hohler Arm (56) befestigt. Am Arm (56) ist ein koaxial zum Gelenkbolzen (53) verlaufender Zapfen (57) befestigt, der die Drehstellung des Armes (56) auf einen Drehmelder (58) überträgt, welcher über eine Halterung (59) an dem Ausleger (51) verdrehsicher angeordnet ist.

Am Arm (56) ist über ein Gelenk (60) ein in vertikaler Ebene schwenkbarer, hohl ausgebildeter Arm (61) gelagert, dessen Winkelstellung über einen Gelenkbolzen (62) auf einen mit dem Arm (56) verbundenen Drehmelder (63) übertragen wird. Am anderen Ende des Armes (61) ist mittels eines Gelenkes (64) eine hohl ausgebildete Trägerstange (65) schwenkbar gelagert, deren Schwenklage über einen von zwei miteinander fluchtenden Gelenkbolzen (66) (Fig. 10) auf einen am Arm (61) angeordneten Drehmelder (67) übertragen wird. Auf der Trägerstange (65) ist eine Hülse (68) drehbar gelagert, die mit einer zweiten Trägerstange (69) (Fig. 10) drehfest verbunden ist. Die Drehlage der zweiten Trägerstange (69) gegenüber der ersten Trägerstange (65) wird über eine Welle (70) auf einen an der Trägerstange (65) angeordneten Drehmelder (71) übertragen.

Die Bauelemente (51 bis 71) sind Bestandteile eines Gelenkarmes (72), der ähnlich wie der Gelenkarm (20) (Fig. 6) aufgebaut ist und somit außer diesen Bauelementen noch eine weitere nicht dargestellte quer und längs drehbare Trägerstange aufweist. Der Gelenkarm (72) hat auf diese Weise wie der Gelenkarm (20) sechs Drehachsen. An der nicht dargestellten Trägerstange ist über eine der Kupplung (32) entsprechende nicht dargestellte Kupplung ein gleichfalls nicht dargestellter Instrumententräger angeschlossen, der wie der Instrumententräger (28) aufgebaut ist.

Der Gelenkarm (72) ist mit einem Gewichtsausgleichsmechanismus (73) versehen. Dieser weist einen auf dem oberen Ende des Gelenkbolzens (53) aufgeklemmten, gabelförmig ausgebildeten Träger (74) auf, der an seinem oberen Ende einen feststehenden Bolzen (75) enthält. Auf dem Bolzen (75) sind zwei Zahnriemenräder (76, 77) unabhängig voneinander frei drehbar gelagert. Mit dem vorderen Zahnriemenrad (76) ist eine Stange (78) fest verbunden, an deren Ende eine Ausgleichsmasse (79) angeordnet ist. Mit dem hinteren Zahnriemenrad (77) ist eine längere Stange (80) fest verbunden, an deren Ende eine Ausgleichsmasse (81) angeordnet ist.

Im Arm (56) ist ein parallel zum Bolzen (75) verlaufender Bolzen (82) fest angeordnet, auf dem zwei unabhängig voneinander frei drehbare Doppelzahnriemenräder (83, 84) gelagert sind. Das hintere Zahnriemenrad (77) und das innere Rad des hinteren Doppelzahnriemenrades (84) sind durch einen Zahnriemen (85) miteinander verbunden. Das äußere Rad des hinteren Doppelzahnriemenrades (84) ist über einen Zahnriemen (86) mit einem nicht dargestellten

Zahnriemenrad verbunden, das auf dem Gelenkbolzen (62) angeordnet und mit dem Arm (61) drehfest verbunden ist. Aufgrund dieser Konstruktion werden Schwenkbewegungen des Armes (61) über die beiden Zahnriemen (86 und 85) auf das hintere Zahnriemenrad (77) übertragen, wodurch die Stange (80) mit der Ausgleichsmasse (81) im gleichen Drehzinn verschwenkt wird. Bei sich horizontal erstreckendem Arm (61) nimmt die Stange (80) eine im wesentlichen ebenfalls horizontale Lage ein und bei sich vertikal erstreckendem Arm (61) eine im wesentlichen ebenfalls vertikale Lage. Dabei sind die Ausrichtlagen von Arm (61) und Stange (80) einander entgegengesetzt, d. h., daß sich die Stange (80) in abgesenkter Stellung befindet, wenn der Arm (61) angehoben ist und umgekehrt. Bei einer die Gewichtskraft des Armes (61) und der von ihm getragenen weiteren Bauelemente des Gelenkarmes (72) berücksichtigenden Bemessung der Ausgleichsmasse (81) wird von dieser ein Drehmoment erzeugt, das dem von der wirksamen Gewichtskraft des Armes (61) und den von diesem getragenen Bauelementen des Schwenkarmes (72) hervorgerufenen Drehmoment entgegengerichtet ist und aufgrund des Gewichtsausgleichs bewirkt, daß der Arm (61) in den beiden entgegengesetzten Schwenkrichtungen mit weitgehend gleichmäßiger geringer Kraft bewegt werden kann.

Das vordere Zahnriemenrad (76) und das innere Rad des vorderen Doppelzahnriemenrades (83) sind durch einen Zahnriemen (87) miteinander verbunden. Das äußere Rad des vorderen Doppelzahnriemenrades (83) ist über einen Zahnriemen (88) mit einem Rad eines Doppelzahnriemenrades (89) verbunden, das auf dem Gelenkbolzen (62) frei drehbar angeordnet ist. Das andere Rad des Doppelzahnriemenrads (89) ist über einen Zahnriemen (90) mit einem Zahnriemenrad (91) verbunden,

das auf dem vorderen Gelenkbolzen (66) angeordnet und mit der Trägerstange (65) drehfest verbunden ist.

Durch die Zahnriemen (90, 88 und 87) werden die
5 Schwenkbewegungen der Trägerstange (65) auf das vordere Zahnriemenrad (76) übertragen, wodurch die Stange (78) mit der Ausgleichsmasse (79) im gleichen Drehsinn verschwenkt wird. Hierbei sind die Bewegungsverhältnisse zwischen der Trägerstange (65) und der Ausgleichsmasse (79) vergleichbar den vorstehend beschriebenen
10 Bewegungsverhältnissen zwischen dem Arm (61) und der Ausgleichsmasse (81). Bei entsprechender Bemessung der Ausgleichsmasse (79) wird von dieser ein Drehmoment erzeugt, das dem von der wirksamen Gewichtskraft der
15 Trägerstangen (65, 69), der Hülse (68) und den von der Trägerstange (69) getragenen Bauelementen des Gelenkarmes (72) hervorgerufenen Drehmoment entgegengerichtet ist. Aufgrund dieses
20 Gewichtsausgleiches können die Trägerstangen (65, 69) und die Hülse (68) bei ihren Schwenkbewegungen um die Gelenkbolzen (66) mit weitgehend gleichmäßiger geringer Kraft bewegt werden.

Auf dem Stellring (55) ist ein zweiteiliges
25 geschlossenes Gehäuse (92) aufgeklemt, das die Bewegungsbahnen der Ausgleichsmassen (79, 81) umschließt.

In einer weiteren, nicht dargestellten Ausführungsform
30 eines Gelenkarmes sind die sechs Drehmelder gemeinsam in einem dem Gehäuse (92) vergleichbaren Gehäuse untergebracht, wobei die einzelnen Drehmelder über jeweils eigene Zahnriemen- oder Zahnradgetriebe mit den einzelnen Gliedern des Gelenkarmes verbunden sind. Durch
35 diese Maßnahme ist der Gelenkarm nicht nur masseärmer

und dadurch leichter handhabbar, sondern er ist auch schlanker wodurch die Kollisionsgefahr verringert wird.

Die Funktionsweise der Vorrichtung sowie das zugehörige
5 Verfahren werden nachfolgend anhand eines typischen
Ablaufes näher erläutert.

Zunächst wird eine zu behandelnde Person (wie in Figur 1
dargestellt) zur Aufnahme mehrerer Schichtbilder in ein
10 geeignetes Schichtbild-Aufnahmegerät (40) geschoben.
Beispielsweise können hier Computertomographie-Aufnahmen
oder beispielsweise Kernspintomographien hergestellt
werden.

15 In Figur 2 sind schematisch die entsprechend gemäß Figur
1 aufgenommenen Schichtaufnahmen (41) dargestellt.

Vor der Aufnahme sind in dem interessierenden Bereich
einer zu operierenden Person drei Meßpunkte (42)
20 markiert, befestigt, ausgemessen oder festgelegt, von
denen zwei im Bereich der Ohren liegen, während der
dritte beispielsweise durch den unten auslaufenden Spalt
zwischen den beiden oberen Schneidezähnen gebildet sein
kann.

25 Sofern aufgrund der tatsächlichen Verhältnisse nicht
bestimmte Meßpunkte festgelegt werden können, so können
auch beispielsweise kleine Keramikteilchen an
vorbestimmten Stellen als Meßpunkt eingesetzt und
30 angebracht werden. Keramikteilchen eignen sich
insbesondere, weil diese bei den entsprechenden
Aufnahmen keine Reflexion hervorrufen.

35 Die erwähnten Meßpunkte (42) sind auf den in Figur 2
wiedergegebenen Schichtaufnahmen (41) an der jeweils

betreffenden Stelle bzw. Lage abgebildet und von den Daten her mitumfaßt. Die mit den Daten der Meßpunkte versehenen Schichtbilddaten, die in ihrer Gesamtheit eine räumliche Struktur des zu behandelnden Körperteils wiedergeben, werden in einem entsprechenden Speicher des Datenverarbeitungssystems abgespeichert.

Zur Vorbereitung einer durchzuführenden Operation wird der Patient auf einem Operationstisch liegend gehalten und justiert. Vor Durchführung der Operation wird zunächst über die erwähnte Koordinatenmeßvorrichtung (1) die Lage der drei am Patienten angebrachten und befestigten bzw. festgelegten Meßpunkte (42) festgestellt. Dies geschieht in der Weise, daß das chirurgische Instrument (31) oder ein stattdessen verwendeter Taster mit den Meßpunkten (42) in Berührung gebracht wird, wobei das Instrument oder der Taster aufgrund der Gelenkigkeit des Gelenkarmes (20) völlig unbehindert angehoben, abgesenkt, geneigt, winkelig verstellt und vorgeschoben werden kann. Jede Bewegung und Lage der einzelnen Glieder des Gelenkarmes (20) wird über die Drehmelder (6), (9), (12), (14), (17), (19) exakt erfaßt und dem Datenverarbeitungssystem (21) übermittelt. Die auf diese Weise gewonnenen Lagedaten der Meßpunkte (42) werden mit den Bilddaten der Meßpunkte (42) im Datenspeicher (7) überprüft. Durch entsprechende Berechnung des Computers werden die am Operationstisch in ihrer Lage festgestellten Meßpunkte (42) so in Übereinstimmung mit den abgespeicherten Bilddaten der Meßpunkte (42) gebracht, daß nunmehr eine exakte Zuordnung der abgespeicherten Schichtaufnahmedaten mit der konkreten räumlichen Lage des Patienten und v. a. des chirurgischen Instrumentes (31) vorgenommen wird.

Mit Hilfe der vom Codeabtaster (36) übermittelten Signale ruft der Computer dem entsprechenden chirurgischen Instrument (31) zugeordnete, im Datenspeicher abgelegte Kennzeichenwerte über die Größe und die Entfernung der Instrumentenspitze vom Instrumententräger (28) ab, wodurch bei jedem der verschiedenen Instrumente bei einer beliebigen Stellung des Instrumententrägers (28) durch den Computer die genaue Lage der Instrumentenspitze berechnet wird.

Nachdem über die Koordinatenmeßvorrichtung (1) die drei Meßpunkte (42) angefahren und dadurch die exakte, räumliche Zuordnung zwischen chirurgischem Instrument (31) und Patient in Übereinstimmung mit den gespeicherten Schichtaufnahmen (41) hergestellt worden ist, kann mit der Operation begonnen werden, so daß nunmehr bei einer Bewegung und einem entsprechenden Eingriff die Spitze bzw. der wirksame Bereich des chirurgischen Instrumentes über die Koordinatenmeßvorrichtung (1) bei jeder auch noch so kleinen Bewegung oder/und Winkelbewegung erfaßt und mittels des Computers festgestellt werden kann. Diese erfaßte Bewegung des chirurgischen Instrumentes wird dann über den Computer auf dem Bildschirm (22), gemeinsam mit der jeweils aktuellen Schichtbilddaufnahme abgebildet, wodurch ein Überlagerungsbild (43) entsteht.

Die Bilddaten der Überlagerungsbilder (43) werden zur Dokumentation des Ablaufes des chirurgischen Eingriffes im Datenspeicher abgelegt, aus dem sie jederzeit wieder abrufbar und erneut auf dem Bildschirm (22) darstellbar sind.

Sobald sich bei jedem weiteren Verschieben, Eindringen oder Verdrehen des chirurgischen Instrumentes die

- Instrumentenspitze aus der momentan auf dem Bildschirm (22) dargestellten Schichtaufnahme herausbewegt, wird anstelle dieser Aufnahme automatisch diejenige Schichtaufnahme abgebildet, in die sich die
- 5 Instrumentenspitze nunmehr hineinbewegt. Dadurch wird für einen Operateur die maximale Information darüber vermittelt, in welchem exakten Bereich er sich während der Operation befindet.
- 10 Eine weitere Maßnahme zur besseren Information über die räumliche Stellung der Instrumentenspitze innerhalb des Operationsgebietes läßt sich dadurch erreichen, daß in verschiedenen Fenstern des Bildschirms (22) gleichzeitig Überlagerungsbilder dargestellt werden, die von längs, quer und horizontal verlaufenden
- 15 Schichtaufnahmen gebildet wurden.
- Die Hilfe durch die geschilderte Vorrichtung kann noch dadurch erhöht werden, daß beispielsweise je nach Bedarf
- 20 eine der jeweils weiter tiefer liegenden nächsten Schichten vorab auf dem Bildschirm (22) dargestellt werden kann, um schon vorher zu überlegen, in welcher Richtung nachfolgend das chirurgische Instrument (31) weiter fortbewegt werden soll. Auch hierdurch wird die
- 25 Sicherheit gegenüber herkömmlichen Verfahren und Vorrichtungen erheblich verbessert.
- Die geschilderte Koordinatenmeßvorrichtung (1) dient also im vorliegenden Fall nicht nur zur
- 30 Positionserfassung des Operations-Instrumententrägers (28) bzw. des Instrumentes (31) selbst, sondern auch zur Erfassung der drei Meßpunkte (42). Dies bietet den weiteren Vorteil, daß auch während der Operation jederzeit Überprüft werden kann, ob die exakte Lage des
- 35 Patienten beibehalten worden ist. Dazu müssen lediglich

Über ein Instrument die drei Meßpunkte (42) auch während der Operation abgefahren und die entsprechenden Lagedaten jeweils in den Computer eingegeben werden. Sollte eine leichte Lageveränderung des zu behandelnden Körperteiles festgestellt worden sein, so kann diese Lageveränderung sofort rechnerisch erfaßt und das auf dem Bildschirm (22) dargestellte Bild korrigiert werden.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist das chirurgische Instrument der Koordinatenmeßvorrichtung (1) am Gelenkarm (20) lösbar angebracht bzw. mit diesem verbunden. Möglich ist aber genauso, daß das chirurgische Instrument kontaktlos über eine "Ortungsvorrichtung", also eine Koordinatenmeßvorrichtung ständig überwacht wird und dadurch die exakten Lagekoordinaten der Spitze bzw. des wirksamen Bereiches des Instrumentes festgestellt und an den Computer weitergeleitet werden. Dies kann durch beispielsweise drei räumlich angeordnete Sonden und drei Detektoren erfolgen.

Ob dabei die Lagekoordinaten-Feststellung aufgrund eines akustischen oder optischen oder elektromagnetischen Weges erfolgt (z. B. oberhalb oder unterhalb des Lichtwellenbereiches), hängt vom Einzelfall ab.

Werden mit dem chirurgischen Instrument bestimmte Körperteile entfernt, so können durch Abfahren der dabei entstandenen Höhlungen in Form einer Hüllkurve die so gewonnenen Daten während der Operation in den Datenspeicher eingegeben und dementsprechend die vor der Operation gewonnenen Schichtbilddaten modifiziert werden. Damit lassen sich auf dem Bildschirm (22) die aktuellen, während der Operation geänderten Verhältnisse darstellen. Die auf diese Weise gewonnenen

20

postoperativen Schichtbilder werden ferner zur Dokumentation des Operationsergebnisses im Datenspeicher abgelegt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur reproduzierbaren optischen Darstellung eines mit einem chirurgischen Instrument durchzuführenden Eingriffes unter Verwendung von in einem Datenspeicher eines Datenverarbeitungssystems abgelegten und auf einem Bildschirm zur Darstellung bringbaren Schichtaufnahmen des betreffenden Körperteiles, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
 - 5 a) von dem Körperteil werden mindestens drei Meßpunkte bestimmt oder angeordnet,
 - 10 b) von dem Körperteil werden die Meßpunkte enthaltende Schichtaufnahmen angefertigt und im Datenspeicher abgelegt,
 - 15 c) mit einer Koordinatenmeßvorrichtung wird die räumliche Lage der Meßpunkte erfaßt und es werden die Meßdaten im Datenspeicher abgelegt,
 - 20 d) das Datenverarbeitungssystem stellt eine Beziehung zwischen den in den Schichtaufnahmen enthaltenen Bilddaten der Meßpunkte und den durch die Koordinatenmeßvorrichtung ermittelten Daten der Meßpunkte her,
 - 25 e) mit der Koordinatenmeßvorrichtung wird die räumliche Stellung des chirurgischen Instrumentes fortlaufend erfaßt und es werden die Stellungsdaten dem Datenverarbeitungssystem zugeführt,
- 30

- f) das Datenverarbeitungssystem überlagert den Bildinformationen der Schichtaufnahmen die Stellungsdaten des chirurgischen Instrumentes, und
- 5 g) das Datenverarbeitungssystem erzeugt auf einem Ausgabegerät, insbesondere einem Bildschirm, Überlagerungsbilder, bei denen die Bildinhalte der Schichtaufnahmen und die jeweiligen Stellungen des chirurgischen Instrumentes einander überlagert werden.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in verschiedenen Fenstern des Ausgabegerätes gleichzeitig Überlagerungsbilder dargestellt werden, die von in vertikaler Ebene längs und quer verlaufenden sowie von horizontalen Schichtaufnahmen gebildet sind.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Überlagerungsbilder zur Dokumentation des chirurgischen Eingriffes in einem Datenspeicher abgelegt werden.
- 20 4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß für die Herstellung der Überlagerungsbilder stets diejenigen Schichtaufnahmen verwendet werden, die der jeweiligen Stellung des chirurgischen Instrumentes innerhalb des Körperteils entsprechen.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die räumliche Lage des Körperteils durch in zeitlichen Abständen wiederholtes Abtasten der Meßpunkte durch die Koordinatenmeßvorrichtung überprüft, die dabei gewonnenen Meßdaten in das Datenverarbeitungssystem eingegeben und von diesem mit den ursprünglichen Meßdaten verglichen werden und bei Abweichungen eine Lagekorrektur der auf dem Ausgabegerät dargestellten Schichtaufnahmen durchgeführt wird.
- 10
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zu entfernenden Bereiche des Körperteiles mittels eines mit der Koordinatenmeßvorrichtung verbundenen Tasters oder des chirurgischen Instrumentes nach Art einer Hüllkurve umfahren werden, daß die dabei gewonnenen Lagedaten des Körperteilbereiches vom Datenverarbeitungssystem mit den entsprechenden Bildinformationen der Schichtaufnahmen verglichen werden und daß bei einer durch Volumen- oder Lageänderung des Körperteilbereiches bedingten Abweichung der Daten korrigierte Bilder hergestellt und im Datenspeicher abgelegt werden.
- 15
- 20

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die bei einem chirurgischen Eingriff durch Entfernen eines bestimmten Bereiches des Körperteiles entstandene Höhlung mittels eines mit der Koordinatenmeßvorrichtung verbundenen Tasters oder des chirurgischen Instrumentes nach Art einer Hüllkurve abgetastet, die dabei gewonnenen Lagedaten der Höhlung mit den Bildinformationen der entsprechenden Schichtaufnahmen überlagert und die dabei entstehenden Daten postoperativer Schichtbilder im Datenspeicher abgelegt werden.
10
8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Überlagerungsbilder und postoperativen Schichtbilder mit den ursprünglichen Schichtaufnahmen vergleichbar sind.
15
9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einem Schichtbildinformationen speichernden und auf einem Bildschirm zur Darstellung bringenden Datenverarbeitungssystem und einer frei beweglichen Führungsvorrichtung für einen Taster und/oder ein chirurgisches Instrument, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungsvorrichtung als eine dreidimensional arbeitende
20 Koordinatenmeßvorrichtung (1; 50) ausgebildet ist und zum Erfassen der Lage von am Körperteil angeordneten oder vorhandenen Meßpunkten (42) sowie zum stetigen Erfassen der räumlichen Stellung des Tasters und/oder des chirurgischen Instrumentes (31) dient
25 und zur Überlagerung der Meßpunkt- und Instrumentenstellungsdaten einerseits und der Schichtbildinformation andererseits mit dem Datenverarbeitungssystem (21) verbunden ist.
30

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Koordinatenmeßvorrichtung (1; 50) einen Gelenkarm (20; 72) mit sechs Drehachsen enthält.
- 5 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, der Gelenkarm (72) einen Gewichtsausgleichmechanismus (73) aufweist.
- 10 12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß zwei um horizontale Achsen (62; 66) schwenkbare Glieder (61; 65, 68, 69) des Gelenkarmes (72) über Zahnriemengetriebe (85, 86; 87, 88, 90) mit je einer eigenen Ausgleichsmasse (79, 81) verbunden sind.
- 15 13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die chirurgischen Instrumente (31) und/oder der Taster über eine Kupplung (32) mit der Koordinatenmeßvorrichtung (1; 50) verbindbar und mit einem Kennzeichencode (34) versehen sind, und daß im Bereich der Kupplung (32) ein Codeabtaster (36) angeordnet ist, der zur Weitergabe der Codeinformationen mit dem Datenverarbeitungssystem (21) verbunden ist.
- 20 14. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die den einzelnen Gelenken zugeordneten Meßgeräte der Koordinatenmeßvorrichtung (1; 50) in einem zentralen Gehäuse angeordnet und durch Zugmittel- und Zahnradgetriebe mit den Gelenken verbunden sind.

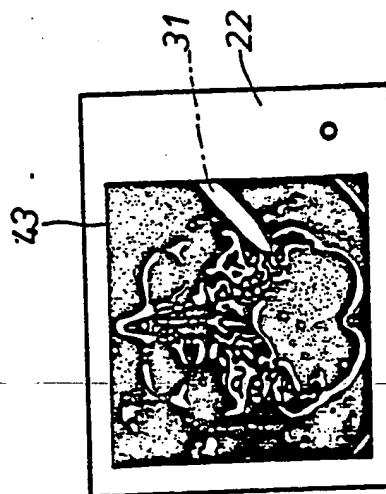


Fig. 5

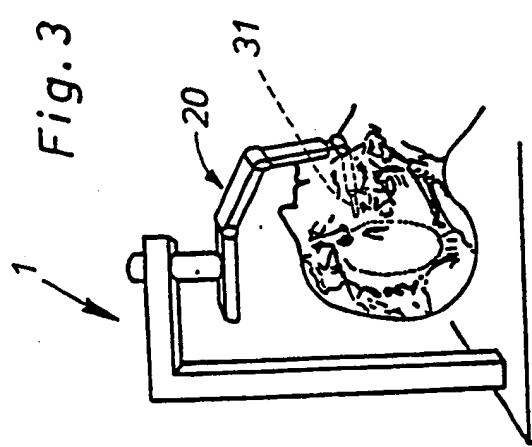


Fig. 3

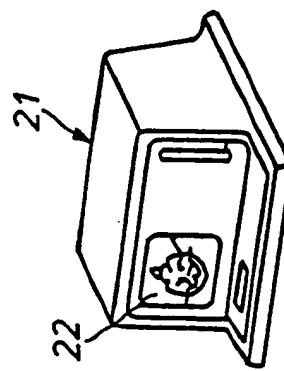


Fig. 4

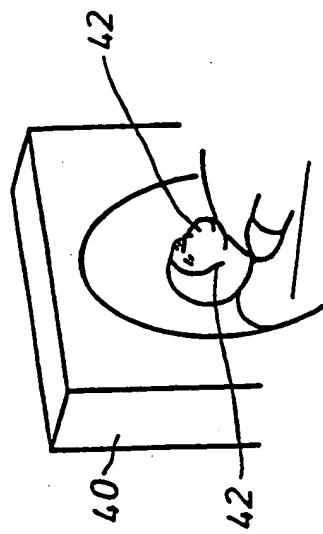


Fig. 1

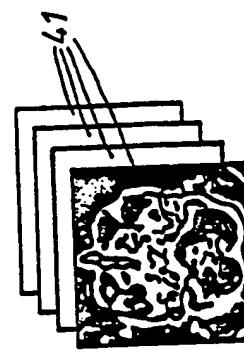


Fig. 2

Fig. 6

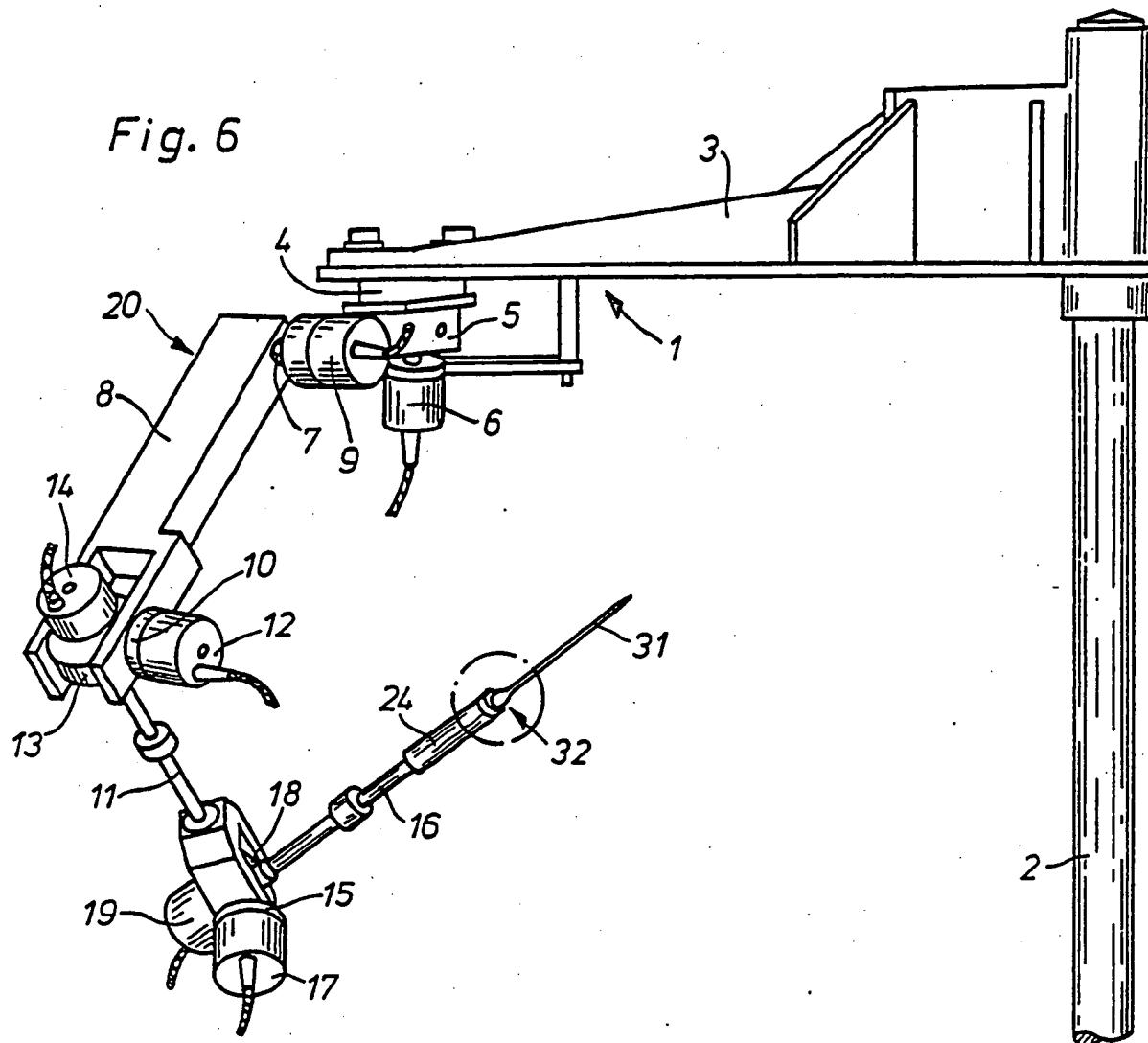


Fig.7

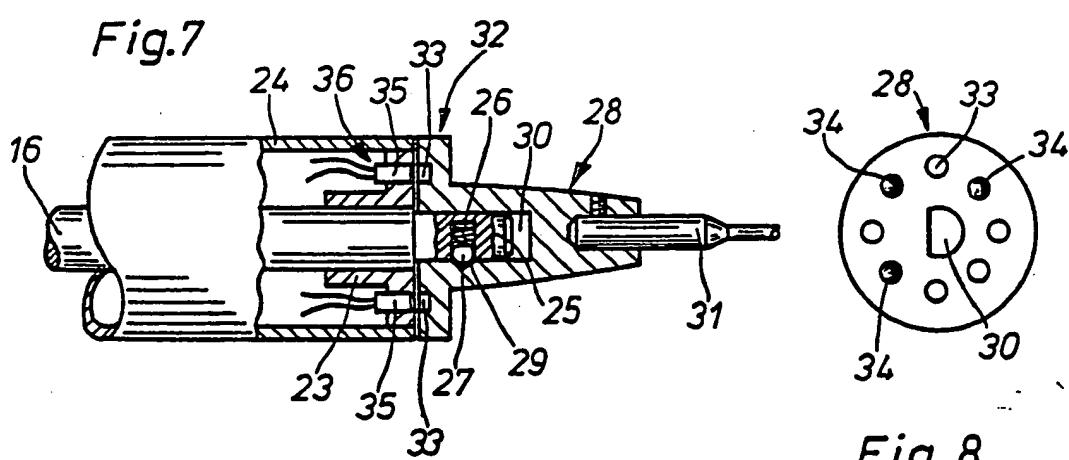
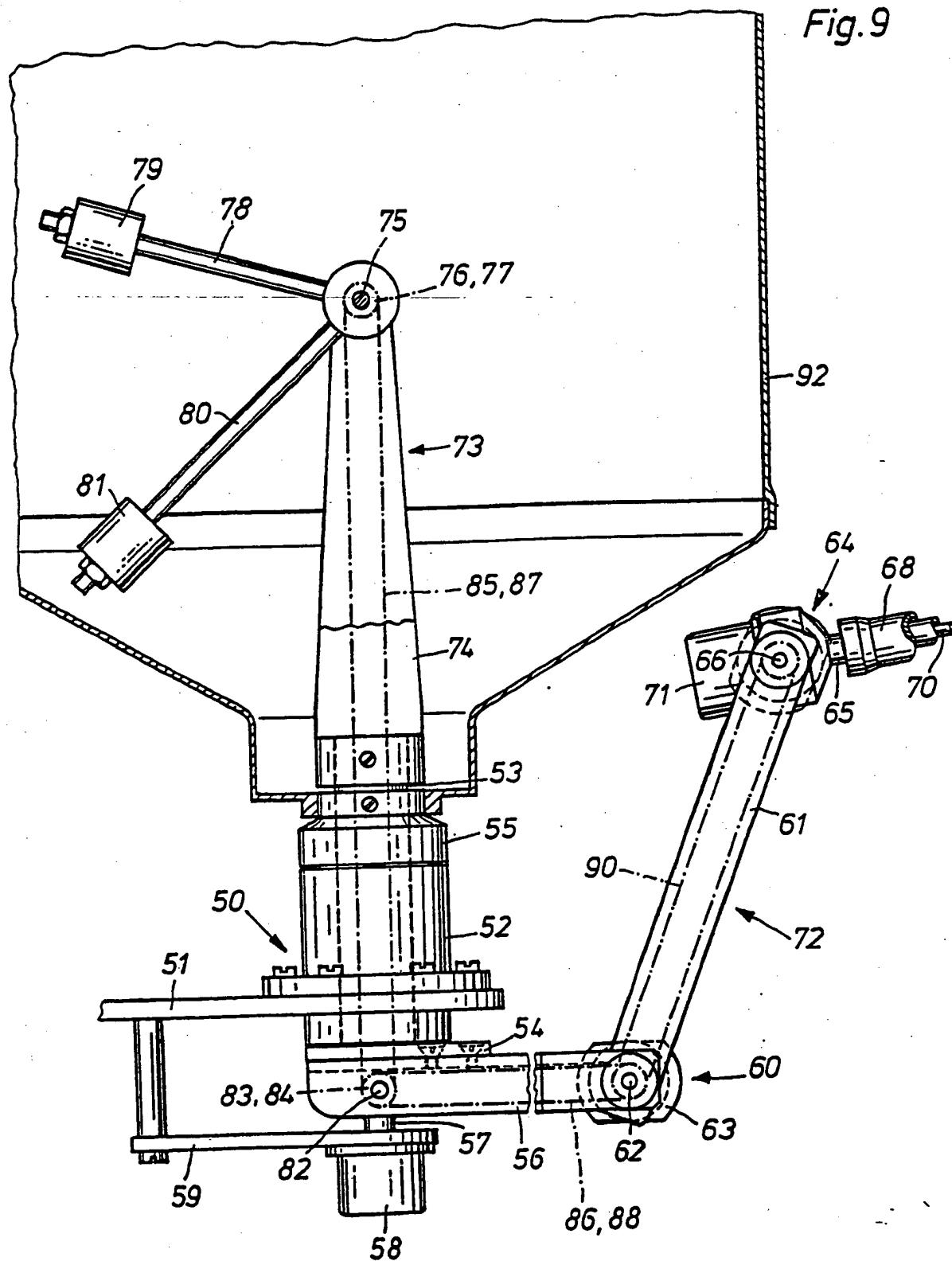


Fig. 8

Fig. 9



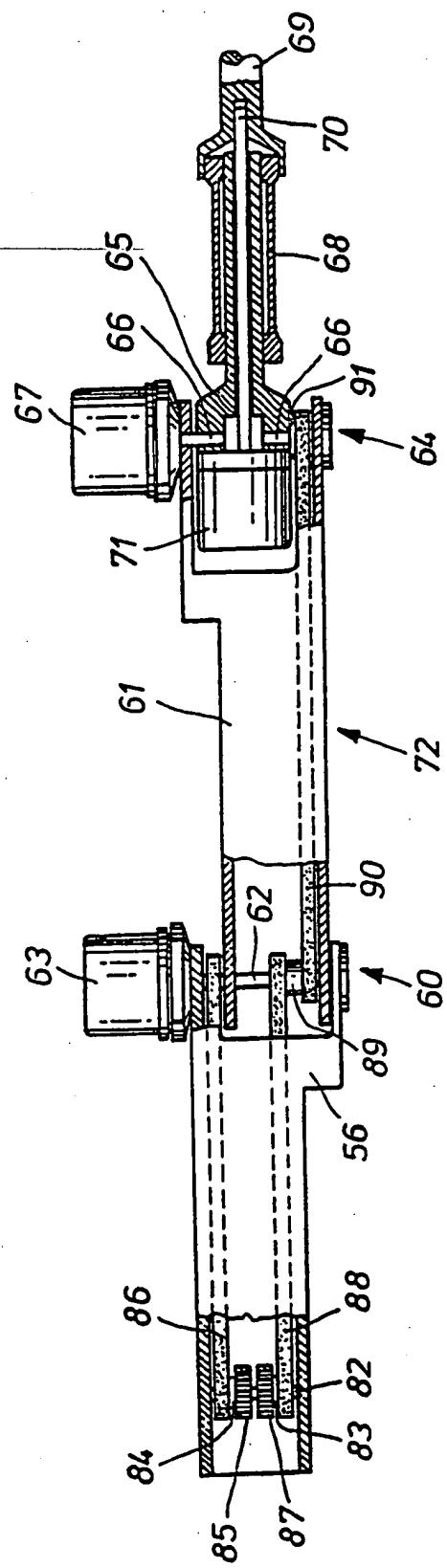


Fig.10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/EP 88/00457

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) *

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int.Cl⁴ A 61 B 19/00; A 61 B 6/02

II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched ?

Classification System	Classification Symbols
Int.Cl ⁴	A 61 B

Documentation Searched other than Minimum Documentation
to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched *

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT*

Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
Y	Robotics Age, volume 7, No 6, June 1985, Peterbourough, New Hampshire (US) Y.S. Kwoh: "A new computerized tomographic-aided robotic stereotaxis system", pages 17-22, see the whole document	1,3,4,9,10
A	--	6,13
Y	DE, A, 3205085 (NEW YORK UNIVERSITY) 23 September 1982, see claim 25; figures cited in the application	1,3,4,9,10
A	EP, A, 0018166 (PFIZER) 29 October 1980, see abstract; figures cited in the application	1,3,4,6
A	US, A, 4638798 (SHELDEN) 27 January 1987, see abstract; figures	1,3,4,6
A	DE, B, 1303213 (RABEY) 3 February 1972, see column 4, lines 1-26; column 5, lines 5-24; column 17, lines 4-41; figure 28	2 --

* Special categories of cited documents: ¹⁰

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"Z" document member of the same patent family

IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search

30 August 1988 (30.08.88)

Date of Mailing of this International Search Report

19 September 1988 (19.09.88)

International Searching Authority

European Patent Office

Signature of Authorized Officer

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)

Category*	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
A	US, A, 4608977 (BROWN) 2 September 1986 -----	
A	US, A, 4583538 (ONIK) 22 April 1986 cited in the application -----	

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

EP 8800457
SA 22637

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 12/09/88. The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
DE-A- 3205085	23-09-82	FR-A-	2499399	13-08-82
		GB-A-	2094590	15-09-82
		AU-A-	7986682	19-08-82
		JP-A-	57177738	01-11-82
EP-A- 0018166	29-10-80	JP-A-	55141235	05-11-80
		AU-A-	5737380	15-01-81
		AU-B-	518629	08-10-81
		US-A-	4341220	27-07-82
		CA-A-	1148433	21-06-83
US-A- 4638798	27-01-87	Keine		
DE-B- 1303213	03-02-72	Keine		
US-A- 4608977	02-09-86	Keine		
US-A- 4583538	22-04-86	EP-A-	0160238	06-11-85

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 88/00457

I. KLASSEFAKTION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationsymbolen sind alle anzugeben)⁶

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

Int. Cl.⁴ A 61 B 19/00; A 61 B 6/02

II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff⁷

Klassifikationsymbole

Klassifikationssystem	
-----------------------	--

Int. Cl.⁴

A 61 B

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen⁸

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹

Art ¹⁰	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
Y	Robotics Age, Band 7, Nr. 6, Juni 1985, Peterbourough, New Hampshire (US) Y.S. Kwoh: "A new computerized tomographic -aided robotic stereotaxis system", Seiten 17-22, siehe das ganze Dokument	1, 3, 4, 9, 10
A	--	6, 13
Y	DE, A, 3205085 (NEW YORK UNIVERSITY) 23. September 1982, siehe Anspruch 25; Figuren (in der Anmeldung erwähnt)	1, 3, 4, 9, 10
A	EP, A, 0018166 (PFIZER) 29. Oktober 1980, siehe die Zusammenfassung; Figuren (in der Anmeldung erwähnt)	1, 3, 4, 6
A	US, A, 4638798 (SHELDEN) 27. Januar 1987, siehe die Zusammenfassung; Figuren --	1, 3, 4, 6
		./.

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰:
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"g." Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

IV. BESCHEINIGUNG

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche
30. August 1988

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

19. 09. 88

Internationale Recherchenbehörde

Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten

Europäisches Patentamt

P.C.G. VAN DER PUTTEN

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		Betr. Anspruch Nr.
Art.	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	
A	DE, B, 1303213 (RABEY) 3. Februar 1972, siehe Spalte 4, Zeilen 1-26; Spalte 5, Zeilen 5-24; Spalte 17, Zeilen 4-41; Figur 28 --	2
A	US, A, 4608977 (BROWN) 2. September 1986 --	
A	US, A, 4583538 (ONIK) 22. April 1986 (in der Anmeldung erwähnt) -----	

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 8800457
SA 22637

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 12/09/88
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-A- 3205085	23-09-82	FR-A- 2499399 GB-A- 2094590 AU-A- 7986682 JP-A- 57177738	13-08-82 15-09-82 19-08-82 01-11-82
EP-A- 0018166	29-10-80	JP-A- 55141235 AU-A- 5737380 AU-B- 518629 US-A- 4341220 CA-A- 1148433	05-11-80 15-01-81 08-10-81 27-07-82 21-06-83
US-A- 4638798	27-01-87	Keine	
DE-B- 1303213	03-02-72	Keine	
US-A- 4608977	02-09-86	Keine	
US-A- 4583538	22-04-86	EP-A- 0160238	06-11-85